

# Toujours plus, toujours mieux !

Pompes à chaleur : le succès commercial grâce à une meilleure mise en œuvre des résultats de la recherche

Au cours des dernières années, les pompes à chaleur ont volé de succès en succès. Il y a plusieurs raisons à cela, dont la moindre n'est pas l'encouragement à la recherche et au développement fourni par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), ni d'ailleurs le *marketing* efficace dont ont fait preuve les fabricants. Les responsables actuels du programme de recherche :

- **Thomas Kopp**, Chef du programme Chaleur ambiante (R+D) de l'OFEN c/o HSR, CH-8640 Rapperswil,
- **Max Ehrbar**, Chef du programme Chaleur ambiante (P+D) de l'OFEN c/o NTB, CH-9470 Buchs, et
- **Fabrice Rognon**, Responsable du domaine Chaleur ambiante à l'OFEN

## Les priorités de la recherche selon la CORE

Étant donné que la moitié environ de la consommation d'énergie en Suisse est destinée au chauffage des locaux et à la préparation d'eau chaude sanitaire, la CORE accorde une grande importance à la technique des pompes à chaleur. Celle-ci pourrait permettre d'abaisser rapidement la consommation de combustibles fossiles, entraînant ainsi une réduction considérable des émissions de CO<sub>2</sub>.

La priorité de la recherche va à une nouvelle amélioration de l'efficacité, associée à une réduction simultanée des coûts, avec notamment, en point de mire, le marché de la rénovation. La recherche devrait également continuer à étudier l'optimisation globale des systèmes pour la production de chaleur et de froid.

Le nouveau *Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération 2004–2007* :

[www.suisse-energie.ch](http://www.suisse-energie.ch)

(→ Recherche et formation → Stratégie de la recherche énergétique)

**Rétrospectivement, quels ont été les développements qui, par le passé, ont ouvert la voie ?**

**Max Ehrbar :** Pour moi, le plus important est celui qui a abouti à la grande fiabilité des pompes à chaleur (PAC). L'analyse de près de 250 installations dans le cadre du projet FAWA (*Feldanalyse von Wärmepumpen-Anlagen*) montre que la probabilité de panne d'une PAC n'est que de 0,3–0,7%. Un autre développement important est pour moi l'amélioration des coefficients de performance (COP) et le

**Fabrice Rognon :** Pour autant que la conception, la fabrication, le montage et le service soient de qualité, il n'y a aucun inconvénient ni risque. Je ne vois donc pas de revers à la médaille.

**Max Ehrbar :** À l'heure actuelle, on utilise malgré tout encore des fluides de travail (frigorigènes) qui présentent un certain risque d'effet de serre. Mais tant que la pompe à chaleur reste étanche et qu'elle est entretenue et, en fin de vie, éliminée dans les règles, cela ne fait pas vraiment problème; en outre, de nouveaux procédés utilisant des fluides neutres pour l'environ-



*Thomas Kopp (à gauche) est responsable pour la partie R+D du programme chaleur ambiante de l'OFEN; Max Ehrbar en est responsable pour la partie P+D.*

passage à des fluides de travail respectueux de la couche d'ozone.

**Fabrice Rognon :** C'est un fait que l'obligation d'utiliser de nouveaux fluides de travail a conduit à revoir complètement la palette des produits.

**Thomas Kopp :** Ces dernières années, des PAC extrêmement compactes ont été développées. L'emploi d'échangeurs de chaleur à plaques, et surtout celui du compresseur *scroll*, ont permis d'abaisser les coûts de production et d'augmenter les coefficients de performance.

**Quels sont les inconvénients des PAC, les risques liés à cette technologie, en un mot, quel est le revers de la médaille ?**

nement se profilent à l'horizon d'un futur proche.

**Thomas Kopp :** Oui, de nouveaux fluides sont en vue, mais il y a encore trop peu de composants qui soient actuellement disponibles sur le marché pour des PAC travaillant avec des fluides neutres pour l'environnement. Cela concerne surtout les équipements de faible puissance.

**Que pensez-vous de la discussion sur la production combinée de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude par des PAC ?**

**Thomas Kopp :** Le meilleur moyen de produire de la chaleur pour le chauffage et l'eau chaude avec une PAC fait encore

l'objet de recherches à l'heure actuelle. Dans les bâtiments modernes, les niveaux de température requis par les deux applications sont différents. Et le fluide de travail utilisé joue aussi un rôle.

**Max Ehrbar :** La production d'eau chaude sanitaire au moyen de la pompe à chaleur, peu gourmande en énergie, se justifie vraiment. Dans les habitations modernes bien isolées, la demande de chaleur se déplace



Le responsable du domaine à l'OFEN, Fabrice Rognon, coordonne les activités du programme Chaleur ambiante.

de plus en plus du chauffage des locaux vers la production d'eau chaude.

**Fabrice Rognon :** Les résultats des mesures du projet FAWA ont aussi montré l'intérêt qu'il y a à couvrir l'ensemble des besoins thermiques d'un bâtiment avec une seule PAC. À l'avenir, les choses pourraient toutefois changer, avec l'arrivée sur le marché de PAC utilisant le CO<sub>2</sub> comme fluide de travail et spécialement conçues pour la préparation d'eau chaude.

**L'association du CCF à la PAC est le système le plus efficace théoriquement. Comment peut-on le réaliser aussi sur de petites installations ?**

**Fabrice Rognon :** Il faut garder à l'esprit qu'il n'y a de sens à installer des centrales de couplage chaleur-force (CCF) que là où l'on peut utiliser de grandes quantités de

chaleur. Pour l'utilisation décentralisée, des PAC individuelles sont plus appropriées.

**Thomas Kopp :** Du point de vue thermodynamique, l'association CCF/PAC est imbattable lorsqu'il s'agit d'utiliser un combustible comme source d'énergie mécanique. Toutefois, du fait qu'il s'agit ici du chauffage domestique, la durée de fonctionnement du moteur à combustion interne de l'installation CCF sera beaucoup plus longue que celle du moteur d'une automobile. Les frais d'entretien du moteur du CCF sont plus élevés que pour un brûleur classique.

**Max Ehrbar :** L'association CCF/PAC est aussi possible en principe pour les petites installations, comme le confirment certains produits. Dans le domaine du chauffage à faible puissance, je verrais plutôt la pompe à chaleur à absorption, qui peut fonctionner avec n'importe quelle source de chaleur, que ce soit le mazout ou le gaz, et même le bois. De telles PAC produisent une chaleur utile de 1,3 à 1,7 fois supérieure au pouvoir calorifique du combustible utilisé, donc nettement plus que les chaudières.

**Des schémas hydrauliques standard ont été introduits. Quelles sont vos premières impressions ? Qu'en a-t-on retiré jusqu'ici ?**

**Fabrice Rognon :** La branche a visiblement intégré les résultats dans la documentation sur les produits et dans les documents techniques, mais sans l'annoncer à haute voix. Les schémas hydrauliques standard ont ainsi été intégrés discrètement.

**Thomas Kopp :** J'ai enregistré un petit nombre de critiques venant du marché. Dans un projet de recherche en cours, toute une série de résultats de mesures sur des installations en service, dotées de schémas hydrauliques standard, sont mis à jour et rendus accessibles au public.

**Comment le marché des grandes installations évolue-t-il ? Quels défis technologiques présentent ces installations ? De nouveaux développements sont-ils nécessaires ?**

**Max Ehrbar :** En raison des effets d'échelle, on peut s'attendre à des COP encore un

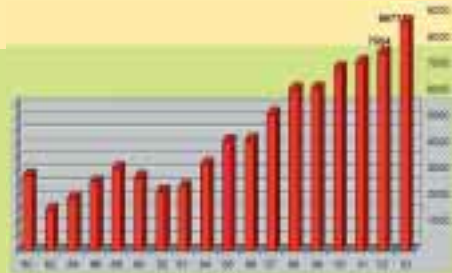
## Une courbe ascendante

8'677 pompes à chaleur ont été vendues en Suisse en 2003, ce qui correspond à une augmentation de 14,9 % par rapport à l'année précédente. Cette constatation encourageante ressort de la statistique publiée par le GSP. Comme précédemment, les installations réalisées dans des constructions nouvelles dominent la statistique, bien que le nombre de celles réalisées lors de rénovations ait nettement augmenté. Les pompes à chaleur de grande taille, dans la gamme des 300 à 900 kW, ont également enregistré une augmentation considérable, de l'ordre de 40 % environ.

*Pompes à chaleur vendues en 2003, classées selon le type, c'est-à-dire la source froide utilisée :*

- 1 Air-eau (59,5 %)
- 2 Saumure-eau (37,3 %)
- 3 Eau-eau (3,2 %)

(Source: GSP)



*L'augmentation constante des ventes de pompes à chaleur reflète, d'une part, l'impact des mesures prises en matière de marketing et de promotion de la qualité et, d'autre part, une meilleure prise de conscience en faveur de l'utilisation de la chaleur ambiante.*



peu plus élevés avec les grandes installations de pompes à chaleur qu'avec les petites. De nouveaux développements seront nécessaires pour atteindre des COP nettement plus grands et des solutions encore plus intéressantes économiquement.

**Fabrice Rognon :** Ce marché est cependant plus difficile, car les clients sont des investisseurs professionnels; on calcule donc au plus juste et il n'y a pas place pour



*Thomas Kopp: On devrait entreprendre quelque chose partout où l'on observe des pertes d'exergie élevées.*

l'idéalisme. Au plan technique, il faut améliorer la standardisation. Pour le financement des équipements, c'est le *contracting* qui offre aujourd'hui les meilleures perspectives.

**Les PAC sont une "histoire à succès". Pourquoi faut-il encore de la R&D ?**

**Thomas Kopp :** La PAC traditionnelle avec un fluide de travail classique a atteint un niveau très élevé. Si l'on compare toutefois la performance d'une PAC moyenne avec ce que prévoit en théorie la thermodynamique, il y a encore place pour une amélioration notable du COP. À cet effet, les pertes d'exergie doivent être localisées et réduites à un minimum, tandis que la PAC, en tant que système, doit être mieux intégrée au système physique qu'est le bâtiment tout entier.

**Max Ehrbar :** Sous la "pression" des homologations de PAC effectuées par le Centre d'essai WPZ de Töss, les COP, et donc aussi leur moyenne annuelle au niveau du système, ont nettement augmenté au cours des dix dernières années. Pourtant, on pourrait faire encore beaucoup mieux.

**Fabrice Rognon :** Nous avons encore besoin de recherches et de développements parce que la technologie n'a parcouru que la moitié du chemin qui nous attend. Les meilleures installations n'atteignent aujourd'hui que 45% de leur capacité théorique; à court terme, il sera possible d'atteindre 60%, mais ensuite, les progrès seront pénibles et coûteux. En outre, de nouvelles technologies font leur apparition, encouragées par les progrès enregistrés dans d'autres domaines. Un exemple typique en est l'utilisation du CO<sub>2</sub> comme fluide de travail.

**Sur quels secteurs de la technologie les efforts de R&D doivent-ils se porter ?**

**Thomas Kopp :** Les fluides de travail respectueux de l'environnement que l'on connaît aujourd'hui exigent des adaptations par rapport à la construction traditionnelle des PAC. Aux pressions élevées, le CO<sub>2</sub> circule à l'état supercritique, tandis que l'ammoniac requiert l'introduction d'éléments de sécurité adéquats. En règle générale, on devrait entreprendre quelque chose partout où l'on observe des pertes d'exergie élevées.

**Max Ehrbar :** Nous avons aussi besoin de poursuivre la recherche dans le domaine des composants; cela est toutefois quelque peu en dehors de notre sphère d'influence, dès l'instant où la plupart des composants importants viennent de l'étranger.

**Fabrice Rognon :** Comme je l'ai déjà signalé, l'Office fédéral de l'énergie, lui aussi, accorde la priorité, pour les futurs travaux de recherche, aussi bien aux fluides de travail naturels qu'à l'intégration de technologies de régulation modernes. Nous avons besoin de systèmes de régulation qui, en cours de fonctionnement, permettent d'optimiser les systèmes et d'effectuer des diagnostics.

## Le GSP veille à la qualité

Le Groupement promotionnel suisse pour les pompes à chaleur (GSP) a été fondé en 1993, à l'initiative de l'OFEN. Il a pour objectif de promouvoir de façon ciblée l'utilisation des pompes à chaleur en Suisse, dans le respect de la qualité du système complet et de ses composants. C'est dans cette optique qu'une collaboration suivie a été mise en place dès le début avec le Centre d'essai des pompes à chaleur WPZ de Töss, pendant dix ans, puis avec le nouveau Centre d'essai WPZ de Buchs, depuis l'automne 2003. Le label de qualité pour les pompes à chaleur existe depuis 1999; il est également reconnu en Allemagne et en Autriche (D-A-CH). Un label de qualité pour les sondes géothermiques a été introduit en 2001. Toutes ces mesures encouragent la qualité, la fiabilité opérationnelle et donc la compétitivité de la technique des pompes à chaleur, ce qu'a confirmé récemment la publication des résultats d'une campagne de mesures sur des installations de pompes à chaleur (FAWA).

Informations sur le label de qualité :  
**www.pac.ch**  
(→ Info GSP → Certificats)



**Que pensez-vous des résultats des mesures faites sur le terrain, dans le cadre du projet FAWA ?**

**Max Ehrbar :** La campagne de mesures FAWA a été un projet unique au niveau mondial; car c'était la première fois que des PAC en fonctionnement étaient systématiquement mesurées. Ses résultats permettent de tirer des conclusions quant aux besoins en matière de recherche et de formation. Cette analyse sur le terrain a montré que les PAC sont extrêmement fiables et que les maîtres d'ouvrage sont satisfaits de ces "machines à chauffer".

**Fabrice Rognon :** Avec la FAWA, d'une part, nous avons pu accumuler beaucoup d'expérience, confirmer un certain nombre d'affirmations et les étayer par des données statistiques. Nous avons, d'autre part, découvert de nouveaux aspects de la question,

surtout sur les installations de PAC considérées comme des systèmes.

### Que pensez-vous de la façon dont l'industrie applique les résultats de la recherche?

**Fabrice Rognon :** L'industrie fait preuve de plus en plus de professionnalisme, comme le confirme clairement la présentation dans le marché. Il y a là matière à se réjouir.

**Thomas Kopp :** La tâche de l'industrie n'est pas simple. Son objectif majeur est de fournir des produits fiables afin de ne pas mettre en danger la bonne réputation de la pompe à chaleur. Les nouveautés issues de la recherche exigent la plupart du temps de modifier les procédures internes à l'entreprise, ce qui augmente plutôt les coûts. L'industrie pourrait s'attaquer encore un peu plus rapidement aux sujets identifiés par les chercheurs, comme, par exemple, dans le cas de la régulation. Un autre problème réside, une fois de plus, dans l'étude d'ensemble d'un bâtiment, dans laquelle un trop grand nombre de personnes sont encore aujourd'hui impliquées. Chaque maillon de la chaîne accorde sa préférence à une solution qui a déjà donné de bons résultats; mais cette façon de procéder ne conduit pas encore à une solution optimale à tout point de vue pour l'installation complète.

**Max Ehrbar :** Pourquoi nous fixer sur les PAC pour le chauffage et l'eau chaude? Il existe en fait d'autres domaines où les PAC peuvent être employées: des applications industrielles, comme les procédés de séchage, la production de denrées alimentaires et, d'une manière générale, des applications du génie chimique.

### Que faudrait-il – mise à part une augmentation du prix du mazout – pour avoir une plus grande diffusion dans le marché de la rénovation?

**Max Ehrbar :** Au plan technique, les solutions existent. Il faut toutefois créer des conditions favorables, pour pouvoir travailler à une température de départ suffisamment basse. Lors des rénovations, il ne faudrait pas seulement réhabiliter le chauffage, mais aussi isoler l'enveloppe du bâtiment.

## Normalisation des procédures d'essai

Dans le cadre du Comité européen de normalisation (CEN), des normes définissant les procédures applicables aux essais de pompes à chaleur et de climatiseurs sont en train d'être élaborées. Des groupes de travail du Comité technique TC 113 ont préparé un projet de norme sur les mesures à effectuer à charge partielle sur les pompes à chaleur, ont révisé la norme EN 255 appliquée jusqu'ici et ont abordé la question de la mesure des émissions sonores des PAC. En Suisse, les essais sont basés sur cette norme EN 255. Sa révision conduira à la nouvelle norme EN 14511, qui sera déterminante dans toute l'Europe pour ce qui concerne la certification et l'obtention du label de qualité; elle touchera ainsi directement tant les fabricants que les laboratoires d'essai. Max Ehrbar, directeur du Centre d'essai des pompes à chaleur (WPZ) de Buchs (SG), vient d'être nommé délégué suisse au sein de ces groupes de travail.

Renseignements complémentaires sur les normes et les directives:

[www.waermepumpe.ch](http://www.waermepumpe.ch)

Présentation du CEN et du TC 113:

[www.cenorm.ce](http://www.cenorm.ce)

**Fabrice Rognon :** On doit, en outre, travailler le marché sans rupture de la chaîne, du fabricant au client final. L'interlocuteur du client, l'installateur, devrait maîtriser le sujet, ce qui ferait de lui une "mini-entreprise générale". Et pour la pompe à chaleur, il faut viser l'efficacité la plus élevée possible pour une grande différence de température entre source froide et condenseur. La *Swiss Retrofit Heat Pump* (SRHP) représente un pas important dans cette direction.

**Thomas Kopp :** Les aspects importants ont été cités: différence de température entre source froide et condenseur la plus faible possible et réduction de la demande de chaleur. La physique le dit clairement: une pompe à chaleur *Retrofit* parfaite dans un bâtiment mal isolé, ce n'est pas l'idéal.

### Que pensez-vous de l'efficacité des mesures financières d'encouragement pour les PAC dans le secteur de la maison individuelle?

**Fabrice Rognon :** L'octroi de subventions directes a fait l'objet d'une évaluation; on a trouvé que plus de 80% des personnes qui y ont recouru l'ont fait par opportunisme. Les mesures d'encouragement "indirectes" proposées depuis dix ans environ montrent un effet plus durable. Je pense ici au "Groupement promotionnel suisse pour les pompes à chaleur" (GSP), qui est actif au niveau de la communication, des expositions et des conférences, etc. Ses activités *marketing* sont empreintes de professionnalisme, jouissent d'une large assise et atteignent les buts fixés.

**Max Ehrbar :** Plus largement, je souhaiterais qu'on insiste encore davantage, dans la communication, sur la question du futur de l'approvisionnement en énergie. La raréfaction des énergies fossiles et l'augmentation de la consommation de chaleur au niveau mondial exigent même que l'on passe à la pompe à chaleur.

## FAWA: la campagne prése

Le traditionnel *Symposium de Berthoud sur les pompes à chaleur* est souvent l'occasion de présenter les principaux résultats de la recherche et du développement. Il y a peu, les résultats du projet FAWA ont constitué le thème central de ce onzième *Symposium* du programme de recherche de l'OFEN consacré à la chaleur ambiante. C'est sous la direction de Fabrice Rognon, responsable de ce domaine à l'OFEN, que divers sujets ont été présentés, parmi lesquels une vue d'ensemble de la campagne de mesures FAWA, la situation actuelle du nouveau Centre



### Où nous situons-nous en ce qui concerne la R+D et la situation du marché en comparaison internationale ?

**Thomas Kopp :** Le programme R+D de la Suisse soutient bien la comparaison internationale. Par l'intermédiaire de la Haute École spécialisée des deux Bâle (FHBB), notre pays dirige actuellement la *Tâche 28*



Max Ehrbar: Sous la "pression" des homologations de PAC, les COP ont nettement augmenté.

du programme "Pompes à chaleur" de l'AIE. Dans ce projet, dix pays travaillent au développement d'une méthode permettant, avec un minimum de mesures, de comparer différentes PAC pour le chauffage et la préparation d'eau chaude sanitaire. Déjà dans le passé, la Suisse a participé à des projets internationaux, par exemple en 2001 avec le développement d'un compresseur à CO<sub>2</sub>.

**Max Ehrbar :** Pour les PAC de chauffage, la Suisse est bien présente. Nous sommes – par rapport à la population – les "vice-champions du monde", juste derrière la Suède, pour la vente de PAC, avec une tendance continue à la hausse. À l'heure actuelle, 40% environ des nouvelles constructions sont équipées de PAC, et c'est le Canton du Jura qui figure nettement en tête de liste.

**Fabrice Rognon :** Nous disposons d'excellents instruments, comme l'expertise des types de PAC, le label de qualité pour PAC et sondes géothermiques, le *Wärmepumpendoktor*, le programme de formation PENTA et le système complet d'assurance qualité.

### Un nouveau secteur d'exportation est-il en train de se dessiner ?

**Fabrice Rognon :** Non, pas encore. Le marché suisse est encore si grand que même des sociétés étrangères y sont attirées.

**Max Ehrbar :** Pourquoi pas d'exportations ? Nous avons pour ce secteur des fabricants capables. Puisque des pays comme la Suède, l'Allemagne, l'Autriche, qui ont des niveaux de salaires comparables, sont capables d'exporter des pompes à chaleur, ce devrait être aussi possible pour nos fabricants nationaux ; toutefois, ceux-ci devraient mieux collaborer afin d'atteindre une "masse critique" plus grande pour le développement et la production.

### Quelles perspectives d'avenir aimeriez-vous formuler pour les PAC ?

**Thomas Kopp :** Puisque, du point de vue thermodynamique, la pompe à chaleur est capable de produire de la chaleur à basse température, elle trouvera encore d'autres usages. Bien qu'en Suisse aussi, la pompe à chaleur ait besoin le plus souvent d'électricité – une énergie de haute valeur – pour

## Les activités de l'AIE dans le domaine des pompes à chaleur

Plusieurs pays collaborent au programme Pompes à chaleur de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) ; ils effectuent ensemble et de manière coordonnée des travaux de recherche et de développement dans le domaine de la technique des pompes à chaleur et dans certains secteurs apparentés. L'un des quatre projets en cours, la *Tâche 28*, définit des méthodes d'essai et de calcul des performances saisonnières des pompes à chaleur combinées. La Suisse en assume la direction.

Pour de plus amples informations sur le programme des pompes à chaleur de l'AIE : [www.heatpumpcentre.org](http://www.heatpumpcentre.org)  
Projet de recherche (*Tâche 28*) sous direction suisse  
[www.annex28.net](http://www.annex28.net)

son entraînement, nous avons le grand avantage que les 60% de notre production électrique proviennent de la force hydraulique, qui est respectueuse de l'environnement. Les systèmes de chauffage à résistance électrique qui, malheureusement, sont toujours en service doivent être remplacés par des pompes à chaleur. Cela libérera de l'électricité pour d'autres PAC sans qu'il faille construire de nouvelles centrales électriques.

**Max Ehrbar :** La pompe à chaleur gagnera d'autres parts de marché, avant tout dans la rénovation. Une importante voie à suivre est l'installation de grandes PAC, non seulement dans les grands immeubles, mais aussi dans les réseaux locaux de chauffage à distance. Et puis je vois aussi l'interconnexion de réseaux de chauffage de quartier de grandes dimensions. Ce qui permettrait de réaliser des solutions techniques qui seraient trop compliquées et trop chères à petite échelle.

**Fabrice Rognon :** J'aimerais dire tout simplement que la pompe à chaleur devrait devenir la règle en matière de chauffage, la chaudière à mazout étant alors seulement la solution de rechange.

## ntée à Berthoud

d'essai WPZ de Buchs et les enseignements à tirer du projet FAWA à propos du montage des équipements et de l'information de la clientèle. Les nombreux participants à la manifestation ont eu l'occasion de prendre part aux débats relatifs à d'autres aspects importants de l'utilisation des pompes à chaleur.



Cette année, les résultats du projet FAWA étaient le thème central du Symposium de Berthoud sur les pompes à chaleur.